

IAP20 Rec'd PCT/PTO 28 DEC 2005

Vorrichtung und Verfahren für die Bestimmung einer zulässigen  
Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

5

**Beschreibung:**

Die Erfindung betrifft Messvorrichtungen und ein Verfahren  
für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder  
10 Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung,  
insbesondere im Hinblick auf die Nutzung von Sonnenbänken in  
Sonnenstudios, aber auch für die Vorbereitung bspw. eines  
Urlaubs in einem Hochgebirge, in südlich gelegenen Ländern  
und dergleichen mehr.

15

Viele Menschen sind sich nicht bewusst, dass die Haut bereits  
an einem verlängerten Wochenende oder an einem einzigen Tag  
übertriebener Sonnenexposition oft schwerwiegende,  
irreversible Schädigungen erleiden kann. Insbesondere sind  
20 Personen mit winterblasser Haut auch im mitteleuropäischen  
Sommer in einem hohen Maß gefährdet.

Um einer Schädigung der Haut bspw. in Form eines  
Sonnenbrandes vorzubeugen, wird vielfach empfohlen, vor einem  
25 Urlaub oder einer Reise ein Sonnenstudio aufzusuchen und die  
Haut durch Bestrahlung auf einer Sonnenbank mit insbesondere  
einem Licht mit einem hohen UV-Strahlungsanteil an eine  
derartige Bestrahlung zu gewöhnen, wobei die Haut durch  
Bräunung einen natürlichen Schutz vor der UV-Strahlung  
30 entwickelt.

Neben dieser Schutzfunktion empfinden viele Menschen eine  
Bräunung auch als ästhetisch, weshalb sie auch ohne  
zwingenden Grund Sonnenstudios aufsuchen.

35

Bei der für die Bräunung verantwortlichen UV-Strahlung der Sonne oder einer Sonnenbank wird üblicherweise eine UV-A-Strahlung einer Wellenlänge von 315(320)-380(400) nm, eine UV-B-Strahlung einer Wellenlänge von 280-315(320) nm sowie einer UV-C-Strahlung einer Wellenlänge von 100-280 nm unterschieden.

Die UV-A-Strahlung dunkelt in der Haut vorhandene, ungefärbte Melaninvorstufen, Dopamine, regt die Reparatur ultraviolett induzierter Nukleinsäureschäden an, Leight-Repair, und leitet die Lichterholung ein, Photorecovery. Andererseits werden jedoch die biologischen Schadeffekte der UV-B-Strahlung intensiviert.

Die UV-A-Strahlung, die vielfach auch in eine UV-A1-Strahlung einer Wellenlänge zwischen 340 nm und 400 nm und einer UV-A2-Strahlung einer Wellenlänge zwischen 315 nm und 340 nm unterschieden wird, ist für die chronische Schädigung des Hautbindegewebes verantwortlich, bspw. einer Elastose oder sog. Altershaut mit erhöhter Faltenbildung. Darüber hinaus führt UV-A-Strahlung aufgrund von Wechselwirkungen mit krankhaften Stoffwechselprodukten und bestimmten Pharmaka zu Photodermatosen und fotodynamischen Reaktionen.

Der kurzwellige Anteil der UV-A2-Strahlung trägt zu den akuten und zu den chronischen Schadwirkungen bei. Der längerwellige Anteil der UV-A1-Strahlung verursacht hingegen kaum Schädigungen der Nukleinsäure oder des Hautbindegewebes. Bei einer kosmetischen Bräunung sollte von daher nicht nur UV-B-Strahlung in äußerst wohldosierter Form verabreicht werden, sondern es sollte auch eine Kennzeichnung des UV-A2-Strahlungsanteils erfolgen, um auf die Gefährlichkeit eines Strahlers hinzuweisen.

(S)

Die UV-B-Strahlung verursacht den Sonnenbrand, fördert die Pigmentbindung und führt zur Ausbildung einer Lichtschwiele, ein natürlicher Abwehrmechanismus der Haut gegenüber einer UV-Bestrahlung. UV-B-Strahlung in unkontrollierter und übererhöhter Dosis führt jedoch weiter zu chronischen Lichtschäden der Oberhaut bis hin zu Sonnenkarzinomen. Damit ist aus dermatologischer und erscheinungsmedizinischer Sicht die mittelwellige Ultraviolett-Strahlung UV-B aus den verschiedenen Gründen problematisch.

Erstens führt sie zu einem Sonnenbrand, wenn die Erythemschwelle, die Schwelle für die Auslösung einer Rötung der Haut, überschritten wird. Weiter führen wiederholte Überlastungen der Haut mit UV-B-Strahlung auch ohne Sonnenbrand zu chronischen Lichtschäden wie einer Frühalterung der Haut, Prägkanzerosen oder gar Hautkrebs. Bereits bei Erreichen von 60% der Erythemschwelle ist der chronische Lichtschaden sicher. Die geringste UV-B-Dosis, die gerade noch zu einer Rötung, der Erythemschwelle, führt, ist individuell verschieden. So ist neben einer starken Abhängigkeit vom Pigmentierungstyp auch der Grad der aufgebauten Lichtschwiele, der natürlichen Abwehr der Haut gegenüber der UV-Strahlung, ausschlaggebend.

Die UV-C-Strahlung ist hier von keiner entscheidenden Bedeutung, da bekannte UV-Strahlungsquellen, wie sie in Sonnenstudios oder dergleichen Verwendung finden, einen solchen Strahlungsanteil nicht aufweisen.

Die Individualität der natürlichen Abwehr der Haut gegenüber der UV-Strahlung begründet die Schwierigkeiten, die maximale Strahlendosis und/oder die maximale Bestrahlungsdauer eines Probanden zu ermitteln, bei denen negative gesundheitliche Folgen sicher ausgeschlossen werden können. Für die Festlegung dieser Maximalwerte stehen ausschließlich

phänomenologische Kriterien zur Verfügung, die sogenannte Foto- oder Hauttypenbestimmung, bei der aufgrund einer visuelle Beurteilung des Probanden nach der Farbe der Augen, der Haare, der Anzahl der Sommersprossen, der Farbe des natürlichen Teints und der Brustwarzen sowie der Hautreaktion in der Sonne eine Klassifizierung in vier, manchmal in fünf Fototypen erfolgt, welche Klassifizierung dann als ein Maß einer zulässigen Obergrenze einer Schwellenbestrahlung herangezogen wird. So wird bspw. für die Bestimmung der Höchstbestrahlungsdauer die erythemwirksame Schwellenbestrahlung von 250 J/m<sup>2</sup> für den Fototyp II, 350 J/m<sup>2</sup> für den Fototyp III und 450 J/m<sup>2</sup> für den Fototyp IV weitgehend willkürlich festgelegt. Neben einer nicht verifizierbaren Klassifizierung in lediglich vier oder fünf Fototypen bleibt darüber hinaus die Berücksichtigung der natürlichen, individuellen Lichtschwiele völlig außer acht.

Neben dieser im Wesentlichen willkürlichen Einteilung der Probanden in Fototypen und einer daraus resultierenden Empfehlung für die max. UV-Strahlendosis und die max. Bestrahlungsdauer sind die physikalischen Eigenschaften des UV-Strahlers, unabhängig davon, ob dies die Sonne oder eine Sonnenbank oder dergleichen ist, von entscheidender Bedeutung für die Festlegung eines Maßes für die maximale Bestrahlungsdauer oder eine Schwellendosis. So ist die natürliche UV-Strahlung abhängig vom Ort, von der Tageszeit, von der Bewölkung und dergleichen mehr.

Basierend auf der Einteilung in Fototypen sind zulässige Strahlendosen von UV-Bestrahlungsgeräten lediglich durch Richtlinien bspw. der FDA (Food and Drug Administration) in den USA oder der EU-Kommission in Europa festgelegt. Für die künstlichen UV-Strahler wird durch die Strahlenschutz-Kommission bspw. in Deutschland weiter vorgeschrieben, dass von Fachpersonal betriebene und

beaufsichtigte Geräte in ihrer Wirkungsebene eine erythemwirksame Bestrahlungsstärke  $E_{er}$  von  $0,3 \text{ W/m}^2$  entsprechend einem Sonnenerythemfaktor von 1 nicht überschreiten dürfen. Ebenso darf die gesamte

5 Bestrahlungsstärke von  $1200 \text{ W/m}^2$  in der Wirkungsebene nicht überschritten werden.

Abhängig von dieser Norm ergibt sich dann bspw. eine maximale Bestrahlungsdauer von 8,33 Minuten für einen Probanden des

10 Fototyps II aus der Division der erythemwirksamen Schwellenbestrahlung von  $250 \text{ J/m}^2$  und der max. Bestrahlungsstärke  $E_{er}$  von  $0,3 \text{ W/m}^2$ .

Eine exakte Bestimmung von Zeit und Intensität einer

15 UV-Bestrahlung bei einer ausgebildeten Lichtschwiele, aufgetragenen Sonnenschutzmitteln, Kosmetika oder dergleichen ist praktisch jedoch nicht möglich.

Durch diese im wesentlichen empirischen Vorgaben wird weiter

20 in keiner Weise der Änderung insbesondere künstlicher UV-Strahler Rechnung getragen, bspw. einer Alterung oder dem Austausch von Röhren, den Temperaturschwankungen, hervorgerufen durch die gesamte Bestrahlungsdauer einer Sonnenbank, und dergleichen mehr. Darüber hinaus ändert sich

25 auch bei der sachgemäßen Nutzung und der Reinigung von Sonnenbänken oder dergleichen bspw. das Reflektionsverhalten wie auch die UV-Emission durch Aushärtung von bspw. Acrylabdeckscheiben, so dass kaum davon ausgegangen werden kann, dass die Herstellerangaben betreffend das Spektrum und

30 die Strahlungsleistung bspw. einer Sonnenbank auch zutreffend sind.

Der Stand der Technik für die Bestimmung der Photosensibilität der Haut beschränkt sich auf Vorrichtungen

35 zur Farbbestimmung, die unter Bezeichnungen wie Chromameter

oder Mexameter bekannt sind. Diese Vorrichtungen verwenden optisch sichtbare Strahlungen, bspw. weißes RGB-Licht oder spektral untergliederte Strahlungen im roten, grünen, gelben oder blauen Spektralbereich. Da in diesen Wellenbereichen  
5 jedoch der Streukoeffizient  $\mu_s$  größer als der Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  der Haut ist, vergleiche Fig. 3, kann lediglich eine direkte Reflektion an der Haut vermessen werden, da das Maß der oberflächlich reflektierte Strahlung stets höher ist als das der absorbierten. Von daher sind  
10 solche Geräte nicht geeignet, Hinweise auf eine Beschränkung einer UV-Strahlendosis oder der Bestrahlungsdauer für einen Probanden zu geben.

Vor diesem technischen Hintergrund macht die Erfindung es  
15 sich zur Aufgabe, Vorrichtungen und Verfahren zur Verfügung zu stellen, die verifizierbare und reproduzierbare Aussagen hinsichtlich der maximalen Strahlendosis und/oder der maximalen Bestrahlungsdauer eines Probanden mit einem UV-Strahler erlauben.

20 Solches vermag eine Vorrichtung für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung zu leisten, die wenigstens einen UV-Strahler für die Abgabe einer UV-Strahlung,  
25 wenigstens einen UV-Sensor für die Aufnahme der in und/oder an der Haut remittierten UV-Strahlung und eine Auswertevorrichtung für die Bestimmung der Strahlungsabsorption aufweist.

30 Hierzu ist der UV-Strahler derart ausgebildet, dass er bevorzugt lokal die menschliche Haut bestrahlt, bspw. ausgebildet durch eine eine UV-Strahlung abgebende Diode. Alternativ kann die UV-Strahlung einer Sonnenbank oder dergleichen herangezogen werden, wenn über bspw. einen  
35 Lichtwellenleiter, ggfls. mit geeigneten Filtervorrichtungen,

die abgegebene Strahlung an die Haut eines Probanden geleitet wird.

Die in die Haut eingedrungene, dort gestreute und danach  
5 remittierte UV-Strahlung wird von dem UV-Sensor empfangen und  
es kann von einer Auswertevorrichtung dann die  
Strahlungsabsorption ermittelt werden. Bezeichnenderweise  
erfolgt die Absorbierung der aufgetragenen UV-Strahlung in  
der Haut genau an der Stelle bzw. in den Hautschichten, die  
10 für eine natürliche Ausbildung einer Lichtschwiele wesentlich  
sind, wodurch insbesondere die Dichte bzw. die Dicke der  
Schicht der Melaningranula und die der Schicht der von  
Keratinocythen aufgenommenen Melanosomen bestimmbar wird.

15 Entsprechend dem Remissionsgrad, bspw. angesetzt zwischen 0%  
und 100%, kann dieser Skalierung ein Raster der zulässigen  
Schwellendosis hinterlegt und exakt eine Schwellendosis  
entsprechend einer jeden Messung reproduzierbar zugeordnet  
werden.

20 Im Vergleich zu der bisherigen Einteilung in lediglich vier  
oder fünf Fototypen durch eine Inaugenscheinnahme durch ein  
lediglich angelerntes Bedienpersonal erlaubt die Vorrichtung  
nach der Erfindung eine sehr viel feinere Auflösung, bspw.  
25 zwischen 1 und 10000, und ist das Messergebnis insbesondere  
reproduzierbar und unabhängig von subjektiven Einschätzungen.  
Darüber hinaus erfolgt die Herleitung der Schwellendosis in  
Anlehnung an die Quantität der verfügbaren Melaningranula  
bzw. Melanosomen und kann damit deutlich unter einer  
30 Erythembildung gehalten werden.

Für eine ausreichende Qualität der Messung und der Bestimmung  
der Strahlungsabsorption durch eine Auswertevorrichtung hat  
es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn der UV-Strahler eine

UV-Strahlung abgibt, bei der ein Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  größer oder gleich ist einem Streukoeffizient  $\mu_s$ .

Hierzu wird weiter vorgesehen sein, dass der UV-Strahler eine  
5 UV-Strahlung einer Wellenlänge kleiner als der Durchmesser  
eines Zellkerns abstrahlt. Infolge dessen erfolgt eine  
radiale Streuung, eine Rayleigh-Streuung im Zellgewebe an  
bspw. Kollagenfibrillen, Supramolekülen oder Zellmembranen,  
womit eine exakte Dicke und Dichte einer Zellschicht wie die  
10 der Melaningranula aus der Remission herleitbar ist.

Infolge dieser Maßnahme erfolgt eine exakte Bestimmung der  
Absorption an einer Lichtschwiele, da bei größeren  
Wellenlängen, entsprechend den bekannten Vorrichtungen, im  
15 sichtbaren Bereich des Lichtes eine vorwärts bzw. vorwärts  
und rückwärts ausgerichtete Streuung an Mie-Streuern  
auftritt, bspw. an Zellkernen, Mitochondrien oder Organellen,  
wodurch eine Ermittlung einer Lichtschwiele äußerst  
problematisch ist, da schon durch die Beschaffenheit der  
20 Hautoberfläche selbst, applizierte Kosmetika,  
Durchblutungsschwankungen und dergleichen mehr zu erheblichen  
Abweichungen der Messergebnisse untereinander führen.

Sind der Absorptionskoeffizient  $\mu_s$  und der Streukoeffizient  
25  $\mu_a$  gleich, kann in einfacher Weise eine UV-empfindliche Haut  
gegenüber einer weniger empfindlichen erkannt werden.  
Überwiegt die Streuung, so ist die Haut empfindlich,  
überwiegt die Absorption, so liegt ein wenig empfindlicher  
Hauttyp vor. Weiter kann, indirekt, eine Bestimmung der Größe  
30 und der Ausbildung und Dichte der Melanosomen vorgenommen  
werden. Die Melanosomen mit ihrer kappenförmigen Ausbildung  
weisen durchschnittlich eine Kantenlänge von ca. 350 nm auf.  
Ist nun die Kantenlänge geringer, erfolgt eine Streuung an den  
Melanosomen stark vorwärtig und stark rückwärtig. Infolge  
35 wird ein Grossteil der Messstrahlung reflektiert und von dem



UV-Sensor erfasst. Beträgt die Kantenlänge ca. 350 nm erfolgt an den Melanosomen eine stark radial ausgeprägte Streuung der UV-Strahlung, die hierdurch auch auf benachbarte Zellen und Melanosomen auftrifft, womit die Absorption überwiegt. Bei  
5 größeren Kantenlängen der Melanosomen erfolgt zwar wieder eine stark vorwärtig und rückwärtig ausgeprägte Streuung, aber ein Großteil der auftreffenden UV-Strahlung wird durch die Melanosomen absorbiert und überwiegt infolgedessen die Absorption.

10

Geeignete UV-Strahler sind bevorzugt solche, die eine UV-Strahlung einer Wellenlänge von 345 nm bis 355 nm ausstrahlen, insbesondere von 350 nm. Bei dem letztgenannten Wert beträgt der Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  12,3 cm<sup>-1</sup> und der  
15 Streukoeffizient  $\mu_s$  12,5 cm<sup>-1</sup>, womit diese Koeffizienten nahe zu gleich sind, aber die Absorption geringfügig noch überwiegt. Dazu darf bereits hier auf die Fig. 1 verwiesen werden.

20

Zweckmäßigerweise kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine UV-Strahler und/oder der wenigstens eine UV-Sensor in einem Gehäuse eines Hand-Messgerätes angeordnet ist bzw. sind. Bevorzugt wird hierbei eine Anordnung sowohl des UV-Strahlers als auch des UV-Sensors in einem gemeinsamen  
25 Gehäuse, womit ein von einer weiteren Strahlungsquelle unabhängiges Messgerät zur Verfügung gestellt wird. Alternativ kann jedoch auch als Strahlungsquelle die einer Sonnenbank oder dergleichen dienen.

30

In konstruktiver Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse eine Auflagefläche für das Auflegen auf die Haut eines Probanden aufweist und dass der UV-Strahler und der UV-Sensor unter einem Winkel zu einander angeordnet sind derart, dass eine Reflektion eines Strahls auf den optischen  
35 Achsen des UV-Strahlers und des UV-Sensors in einer

Eindringtiefe von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche erfolgt. Infolge dieser Maßnahme wird eine Remission der UV-Bestrahlung von dem UV-Sensor wieder aufgenommen, die die Ausbildung einer Lichtschwiele in den entscheidenden Hautschichten wieder spiegelt, insbesondere die, in denen Melanine gebildet werden bzw. die, die Vorstufe Dopamine enthalten, sowie die der Melaningranula und die der oxidierten Melanine.

Für Sonnenstudios oder dergleichen ist eine derartige, festgelegte Eindringtiefe völlig ausreichend, insbesondere auch dann, wenn ein Mittelwert aus mehreren Messungen gebildet wird. Bei speziellen Anwendungen, bspw. bei der Lichttherapie, kann in konstruktiver Ausgestaltung jedoch auch vorgesehen sein, dass die Eindringtiefe einstellbar ist. Es können dann individuell an einem vorgegebenen Ort in äußerst exakter Weise die genannten drei Schichten der Haut jeweils gesondert vermessen und das jeweilige Absorptionsvermögen ermittelt werden.

In konstruktiver Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die optischen Achsen des UV-Strahlers und des UV-Sensors einen Winkel  $\alpha$  zwischen  $70^\circ$  und  $110^\circ$  aufspannen, wobei durch ein Einstellen des Winkels  $\alpha$  eine Variation der Eindringtiefe erfolgen kann. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers und des UV-Sensors über der Auflagefläche für eine Variation der Eindringtiefe einstellbar ist.

Da die Ausbildung einer Lichtschwiele über die Gesamtfläche der Haut nicht gleichmäßig erfolgt, bspw. in der regelmäßig der Sonnenbestrahlung ausgesetzten Bereichen der Haut deutlich anders ist als in den Bereichen, die zumeist von Kleidungsstücken überdeckt sind, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn aus mehreren Messungen, bspw. drei Messungen,

ein Mittelwert gebildet wird, wozu zweckmäßigerweise die Vorrichtung eine Rechneinheit aufweist. Diese kann dann weiter einer Messung und/oder wird bevorzugt dem Mittelwert aus mehreren Messungen eine Schwellendosis zuordnen. Solches  
5 wird immer dann zweckmäßig sein, wenn eine einzelne UV-Strahlungsquelle Verwendung findet.

Um auch dem Unsicherheitsfaktor UV-Strahler gerecht zu werden, kann weiter vorgesehen sein, dass in einem  
10 elektronischen Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer Strahlungsquelle abgespeichert ist und dass die Rechneinheit die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet. Solche Daten der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke können durch eine  
15 spektrale Vermessung der Strahlungsquelle durch deren Hersteller bspw. zur Verfügung gestellt werden.

In weiterer konstruktiver Ausgestaltung ist ein Interface vorgesehen, über das individuelle Daten eines Probanden  
20 abgespeichert und aufgerufen werden können. Ein solches Interface kann eine Chipkarten-Schreibe- und/oder Lesevorrichtung sein, welches auf einer Chipkarte dann die individuelle maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis bspw. abspeichern kann, welche Daten dann  
25 wiederum von einer Steuereinheit einer Strahlungsquelle ausgelesen werden kann, die dann automatisch auf die richtige, maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis einstellt wird. Alternativ ist ein solches Interface als USB- oder als RS-232-Schnittstelle auslegbar,  
30 so dass unmittelbar oder über einen Zentralrechner über entsprechende Kabelanschlüsse wenigstens eine Strahlungsquelle auch angesteuert werden kann. Kabellose Netzwerke gemäß des Standes der Technik können ebenfalls für eine solche Datenübertragung Verwendung finden.

Es können problemlos dabei auch unterschiedliche Körperbereiche eines Probanden unterschieden werden, bspw. Rumpf und Gesicht, wenn beide Bereiche gesondert vermessen werden und bspw. eine Sonnenbank über unabhängig voneinander steuer- bzw. regelbare UV-Strahler verfügt. Dabei kann insbesondere weiter daran gedacht sein, dass durch eine unterschiedliche Bestrahlungsleistung eine für hier beispielhaft beide Strahlungsquellen gleichlange Bestrahlungszeiten erreicht werden.

Sollen die physikalische Änderungen der UV-Strahlungsquelle auch berücksichtigt werden oder bspw. bei einer Sonnenbank unterschiedliche Verteilungen von UV-Strahlung über die Länge derselben, ist eine Vorrichtung zweckmäßig, insbesondere in einer Kombination mit den voran stehend beschriebenen Merkmalen, bei der ein Gehäuse zwei Paare von UV-Aufnehmern aufweist, wobei bei jedem Paar die UV-Aufnehmer entgegengesetzt orientiert sind und die beiden Paare um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind. Infolge dieser Maßnahme ist die UV-Strahlung in dem Bräunungstunnel bspw. einer Sonnenbank von allen Seiten über einen Kreisbogen von 360° vermeßbar. Durchgeführt durch den Bräunungstunnel einer Sonnenbank kann die UV-Strahlung weiter lokal vermessen werden, so dass bspw. im Kopf-, im Nacken- und im Beinbereich unterschiedliche Strahlungsdosen bzw. Bestrahlungszeiten in Verbindung mit den entsprechenden Hautmessungen problemlos berücksichtigt werden können.

In konstruktiver Ausgestaltung kann vorgesehen sein, die UV-Aufnehmer unmittelbar als UV-Sensoren auszubilden, bevorzugt wird jedoch, dass die UV-Aufnehmer durch freie Enden von Lichtwellenleitern ausgebildet werden. Zum einen dämpfen Lichtwellenleiter das aufgenommene Spektrum und zum anderen ist es hierdurch möglich, Lichtwellenleiter auf einem

gemeinsamen, zweiten UV-Sensor enden zu lassen, insbesondere alle vier Lichtwellenleiter.

Jedoch kann einem freien Ende eines Lichtwellenleiters eine Filtermimik zugeordnet sein, wobei insbesondere an eine solche gedacht ist, durch die die spektrale Gewichtung des verwendeten UV-Strahlers der Erythemwirkkurve angepasst wird. Dabei wird der kurzwellige Anteil der remittierten Strahlung eine höhere Reflektion am Eingang des Lichtwellenleiters erfahren als der langwellige und der langwellige Anteil darüber hinaus eine verbesserte Transmission.

Es kann vorgesehen sein, dass der zweite UV-Sensor eine lineare Kennlinie über das erythemwirksame Spektrum aufweist.

Alternativ und bevorzugt wird jedoch eine Kennlinie des zweiten UV-Sensors, die dem erythemwirksamen Spektrum entspricht.

In beiden Fällen wird bevorzugt auch wieder daran gedacht, eine Referenzwellenlänge von 350 nm vorzusehen, da eine Vielzahl der in Rede stehenden UV-Strahler im Bereich dieser Wellenlänge ein Emissionsmaximum aufweisen. Emissionsmaxima von 360 nm bis 370 nm beeinflussen den Messwert bei 350 nm kaum, da diese Spitzen maximal 20% höher liegen als der Emissionswert bei 350 nm. Dem steht nicht entgegen, mehrere Messbereiche gem. der eingangs angesprochenen Untergliederung des UV-Spektralbereichs vorzusehen.

Zweckmäßigerweise entspricht der Abstand eines Paares der UV-Aufnehmer der Höhe eines menschlichen Körpers auf einer Sonnenbank, einem Abstand etwa zwischen 20 cm und 35 cm. Es kann dann in einfacher Weise die Vorrichtung nach der Erfindung für eine oder bevorzugt für mehrere Messungen auf

die Auflage einer Sonnenbank aufgesetzt und durch den Bräunungstunnel geschoben werden, wobei ein exakter Abstand zu unteren und oberen Strahlungsquellen gegeben ist.

5 Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung über eine Abstandsmessvorrichtung verfügt, bspw. auf Ultraschallbasis. Auch infolge dieser Maßnahme wird exakt im Bereich des Auftreffens der UV-Strahlung auf den Körper eines Probanden der UV-Strahlungsquelle vermessen.

10

Auch kann in weiterer Ausgestaltung ein Temperatursensor vorgesehen sein, so dass auch eine Temperaturkompensation ermöglicht ist. In Weiterbildung der Erfindung kann dann auch durch den Temperatursensor gesteuert die Vermessung des bzw.

15

der UV-Strahler erfolgen, wenn deren Brennwandtemperatur bspw. nach einem Einschalten einen optimalen Wert erreicht hat, der dem bei einer Bestrahlung eines Probanden entspricht.

20

Daten aus der Vermessung bspw. einer Sonnenbank werden zweckmäßigerweise in einer zugeordneten elektronischen Datenbank hinterlegt, womit von der Rechneinheit aus den individuellen Daten des Probanden aus einer Vermessung der Haut und der UV-Strahlungsquelle aus einer Vermessung

25

derselben die individuelle, maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet werden kann und über entsprechende Interfaces auch die UV-Bestrahlungsquelle(n) unmittelbar angesteuert wird bzw. werden bis hin zu einer automatischen Abschaltung bei Erreichen der Schwellendosis.

30

Eine Überdosierung einer UV-Bestrahlung ist damit weitestgehend ausgeschlossen.

35

Entsprechend wird bei einem Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, vorzugsweise unter

Verwendung einer der voran stehend beschriebenen  
Vorrichtungen, auf eine individuelle Vermessung der  
Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer eine  
Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden  
5 und die Zuordnung eines Schwellenwertes einer UV-Bestrahlung  
abgestellt. Diese Bestrahlung kann mittels einer direkten  
UV-Bestrahlung bspw. mittels einer UV-Diode oder auch über  
einen Lichtwellenleiter erfolgen. Eine  
Bestrahlungsalternative bietet die Fluoreszenzphotometrie.

10

Zweckmäßigerweise wird aus mehreren Einzelmessungen von einer  
Rechnereinheit ein Mittelwert gebildet, dem eine  
Schwellendosis weiter zugeordnet wird.

15

Bevorzugt erfolgen bspw. drei Einzelmessungen an  
verschiedenen Orten der Haut, um lokale Unterschiede der Haut  
zu berücksichtigen.

20

Es kann auch vorgesehen sein, dass Einzelmessungen in  
verschiedenen Hauttiefen erfolgen, um die Lichtschwiele in  
bestimmten Hautschichten zu ermitteln.

25

Aus dem Schwellenwert und den hinterlegten Daten einer  
UV-Strahlungsquelle, bspw. einem Datenblatt entnommen,  
bevorzugt aus einer direkten Vermessung, wird dann von der  
Rechnereinheit noch eine maximale Bestrahlungsdauer bzw.  
Bestrahlungsdosis ermittelt.

30

In vorteilhafter Weise kann das Verfahren nach der Erfindung  
auch während einer Besonnung eines Probanden Anwendung  
finden. Gleichsam in time werden sowohl die Änderungen der  
UV-Strahlungsquelle(n) und der Haut eines Probanden überwacht  
und erfolgt eine Endabschaltung dieser UV-Strahlungsquelle(n)  
bei einer Erschöpfung der UV-Abwehr.

35

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert, in der lediglich schematisch ein Ausführungsbeispiel und Diagramme dargestellt sind. In der Zeichnung zeigt:

- 5     Fig. 1     in einem Diagramm gestrichelt den  
                 Streukoeffizienten  $\mu_s$  und den  
                 Absorptionskoeffizienten  $\mu_a$  über der in Nanometern  
                 angegebenen Wellenlänge,
- 10    Fig. 2     ein Diagramm zur Veranschaulichung der Remission,
- Fig. 3     eine Vorrichtung nach der Erfindung zur Bestimmung  
                 der UV-Absorption der Haut und der Vermessung eines  
                 UV-Strahlers,
- 15    Fig. 4     im Detail die Anordnung eines UV-Strahlers und  
                 eines UV-Sensors der Vorrichtung nach Fig. 3 und
- Fig. 5     einen Schnitt durch das freie Ende eines  
20                Lichtwellenleiters.

Figur 1 zeigt durchgezogen den Absorptionskoeffizienten  $\mu_a$  der Dimension 1/cm und des Streukoeffizienten  $\mu_s$  der Dimension 1/cm über der Wellenlänge des Lichtes in Nanometer.

- 25    Der Absorptionskoeffizient  $\mu_a$  weist im blauen Bereich bei etwa 400 Nanometer sowie im grünen Bereich bei etwa 550 Nanometer relative Maxima auf.

- In dem Wellenlängenbereich von 400 Nanometer ist die  
30    Absorption durch das Hämoglobin begründet, mithin in derartig tief liegenden Hautschichten, die keinerlei Aussage über eine Lichtschwiele für den UV-Bereich zulassen. Insbesondere kommt es bei einer Bestrahlung der Haut mit Licht im sichtbaren Bereich zu einer Streuung an Mie-Streuern, die im  
35    Wesentlichen vorwärts oder vorwärts und rückwärts



ausgerichtet streuen. Dies aufgrund der größeren Wellenlänge des sichtbaren Lichts gegenüber den Abmessungen der absorbierenden Strukturen wie Zellkernen, Mitochondrien oder Organellen. Infolge dessen könnte bekannte Vorrichtungen, die mit sichtbarem Licht arbeiten, lediglich eine Reflektion erfassen. Ein Rückschluss auf die Stärke einer Lichtschwiele ist hierbei nicht möglich, da schon durch die Beschaffenheit der Hautoberfläche selbst, applizierte Kosmetika Durchblutungsschwankungen und vieles andere mehr derartige Messergebnisse erheblich verfälscht werden, was durch große Tolleranzen und überdimensionierte Messfenster der bekannten Vorrichtungen ausgeglichen wird.

Gemäß der Erfindung ist für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis eine UV-Strahlung vorgesehen, die bevorzugt eine Wellenlänge zwischen 345 Nanometer bis 355 Nanometer und insbesondere eine Wellenlänge von 350 Nanometer aufweist. Figur 1 zeigt, dass dort der Streukoeffizient  $\mu_s$  mit einem Wert von  $12,3 \text{ cm}^{-1}$  dem Absorptionskoeffizienten  $\mu_a$  von  $12,5 \text{ cm}^{-1}$  weitestgehend entspricht, auch wenn die Absorption dort überwiegt.

Infolge der ausgewählten Wellenlänge kommt es in und/oder an der Haut zu keiner echten Reflektion, sondern zu einer Remission. Hierbei wird ein gem. Figur 2 einfallender Lichtstrahl 1 in die Haut 2 eindringen und wird der Lichtstrahl 1 aufgrund der gewählten Wellenlänge an Rayleigh-Streuern radial gestreut und, angedeutet durch die Strahlen 3, teilweise remittiert und teilweise, angedeutet durch Strahlen 4, absorbiert.

Aus den die Remission darstellenden Strahlen 3 lässt sich die Dichte und/oder die Dicke der Melaningranula und/oder die der Schicht in Keratinozythen eingelagerten Melanosomen herleiten und damit eine Aussage über die Wirksamkeit einer

Lichtschwiele treffen und lässt sich darauf basieren wiederum eine Schwellendosis angeben. Diese sollte deutlich unter der einer Erythembildung liegen, um eine Schädigung sicher auszuschließen.

5

So kann eine individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer eine Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden erfolgen, welcher Vermessungen dann von einer Rechneinheit ein  
10 Schwellenwert einer UV-Bestrahlung zugeordnet werden kann, wobei die UV-Bestrahlung unmittelbar oder mittels einer Fluoreszenzphotometrie erfolgen kann.

15 Zweckmäßigerweise erfolgt aus mehreren Einzelmessungen an verschiedenen Orten die Berechnung eines Mittelwerts, so dass einem Durchschnittswert der Haut ein Schwellenwert zugeordnet werden kann, gegebenenfalls auch für unterschiedlich bestrahlte Körperpartien.

20 Zur Durchführung des Messverfahrens ist eine Vorrichtung 5 nach Figur 3 vorgesehen, die dort lediglich schematisiert dargestellt ist. Die Vorrichtung 5 nach Figur 3 weist eine Messvorrichtung 6 mit einer weiter nicht dargestellten Auswertevorrichtung für die Bestimmung einer  
25 Strahlungsabsorption auf, die über einen UV-Strahler 7, gemäß Figur 4 bspw. in Form einer Diode, für die Abgabe einer UV-Strahlung und einen UV-Sensors 8 für die Aufnahme der in und/oder an der Haut remittierten UV-Strahlung verfügt. Der UV-Strahler 7 und der UV-Sensor 8 sind innerhalb eines  
30 gemeinsamen Gehäuses 9 der als Hand-Messgerät ausgelegten Vorrichtung 5 angeordnet.

Für die Vermessung der Haut weist die Messvorrichtung 6 bzw. die Vorrichtung 5 eine Auflagefläche 10 auf, die auf die Haut  
35 11 eines Probanden aufgelegt wird, vergleiche Figur 4. Von

daher ist der UV-Strahler 7 und der UV-Sensor 8 gegenüber der Haut 11 immer korrekt positioniert.

Für den Betrieb bspw. in Sonnenstudios oder dergleichen ist es ausreichend, wenn die Lichtschwielen ausbildenden Schichten der Haut in einer Tiefe von etwa 0,5 mm bis 1 mm vermessen werden, also eine Reflektion eines Strahls auf der optischen Achse 12 des UV-Strahlers 7 und der optischen Achse 13 des UV-Sensors 8 in einer Eindringtiefe  $e$  von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche 10 erfolgt.

Es kann vorgesehen sein, bspw. bei einer individuellen Vermessung sehr unterschiedlich dicker Hautschichten oder für eine sensible Lichttherapie, unterschiedliche Hautschichten zu vermessen und deshalb die Eindringtiefe unterschiedlich einstellbar zu gestalten, bspw. in dem die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers 7 und des UV-Sensors 8 über der Auflagefläche 10 einstellbar ist oder der Winkel  $\alpha$  zwischen den optischen Achsen 12,13, der insbesondere Werte von  $70^\circ$  bis  $110^\circ$  aufweist.

Bevorzugt wird von einer nicht dargestellten Rechneinheit aus mehreren Messungen an der Haut mittels der Messvorrichtung 6 ein Mittelwert berechnet und diesem eine Schwellendosis zugeordnet. Diese kann mittels eines Displays 14 angezeigt werden.

Zweckmäßigerweise ist jedoch in einem nicht dargestellten elektronischen Speicher in der Vorrichtung 5 oder in einem externen Speicher der Anteil der erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer oder mehrerer Strahlungsquellen abgespeichert und kann nach Auswahl der Strahlungsquelle die Rechneinheit die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnen und diese auf dem Display 14 anzeigen.

Die Vorrichtung 5 weist hierzu weiter drei Interfaces auf, über die zum einen die individuellen Daten eines Probanden und/oder die Daten eines UV-Strahlers extern abgespeichert und wieder aufgerufen werden könnten. Darüberhinaus kann vorgesehen sein, über eins dieser Interfaces eine oder mehrere Strahlungsquellen anzusteuern, gegebenenfalls auch über einen Zentralrechner, und die berechnete maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis so vorzugeben.

Da Sonnenstudios vielfach Chip-Kartensysteme für die Abrechnung benutzen, kann ein solches Interface eine hier lediglich durch einen Schlitz nur angedeutete Chipkarten Lese- und Schreibvorrichtung 15 sein.

Von einer Kappe 16 zweckmäßigerweise überdeckt und so vor einer Verunreinigung geschützt sind für einen unmittelbaren Anschluss an einem Computer bspw. eine RS-232-Schnittstelle 17 und/oder eine USB-Schnittstelle 18 noch neben einem Resetschalter 19 vorgesehen. Kabellose Schnittstellen können gleichfalls alternativ oder zusätzlich Verwendung finden.

Zweckmäßiger als das Abspeichern von Daten einer Sonnenbank oder dergleichen nach Herstellerangaben ist es, dieselbe individuell zu vermessen, um Änderungen in der Strahlung bspw. aufgrund von Alterung, Verschmutzung oder dergleichen mehr sicher zu erfassen. Zu diesem Zweck weist die Vorrichtung 5 weiter zwei Paare von UV-Aufnehmern 20-23 noch auf, die durch die freien Enden von Lichtwellenleitern 24-27 ausgebildet werden und die jeweils in hier parallel gegenüberliegenden Gehäusewänden 28-31 des im Wesentlichen rechteckigen Gehäuses 9 derart orientiert sind, dass jeweils ein Paar von UV-Aufnehmern 20,21 bzw. 22,23 entgegengesetzt orientiert sind, wobei die jeweiligen Paare von UV-Aufnehmern 20,21 bzw. 22,23 nochmals um 90° gegeneinander verdreht sind.

So kann im Wesentlichen in einer Ebene die Strahlung über einen vollständigen Kreisbogen von 360° vermessen werden.

Das freie Ende 37 eines Lichtwellenleiters 38 kann innerhalb eines Gehäuses 39 angeordnet sein, dessen Gestalt weitgehende der einer in ein Paneel einzubauenden Signallampe mit einem Kopf 40 und einem Fuß 41 mit einem Außengewinde 42 nachempfunden ist, vgl. Fig. 5. Das Gehäuse 39 nimmt weiter eine Filtermimik auf, die dem freien Ende 37 des Lichtwellenleiters zugeordnet ist. Die Filtermimik besteht bei dem Ausführungsbeispiel gem. Fig. 5 aus einer von dem Kopf 40 frei vor dem Ende 37 des Lichtwellenleiters 38 gehaltene Kunststoffscheibe 43 sowie zwei weitere, auf den Lichtwellenleiter 38 aufgeschobene, von dem Fuß 41 gehaltene Kunststoffscheiben 44,45, die hierzu mit zentralen, konischen Bohrungen 46,47 versehen sind. Durch diese Filtermimik erfolgt eine Reflektion des kurzwelligen Anteils der remittierten Strahlung und erfährt der langwellige Anteil darüber hinaus eine verbesserte Transmission.

Da der Abstand der beiden UV-Aufnehmer 20,21 etwa der Höhe eines menschlichen Körpers von ca. 20 cm bis 35 cm auf einer Sonnenbank entspricht, kann in einfacher Weise die Vorrichtung 5 auf einer hierzu als ebener Boden ausgebildeten Gehäusewand 29 nach Abnehmen der Kappe 16 auf der Liegefläche einer Sonnenbank verschoben werden, um bspw. mehrere Messungen über deren Länge vorzunehmen, wie zum Beispiel im Kopf-, Nacken- oder Beinbereich.

Die anfallende UV-Strahlung wird von den UV-Aufnehmern 20-23 aufgenommen und über die Lichtwellenleiter 24-27 einem gemeinsamen, zweiten UV-Sensor 33 zugeführt, so dass ein Mittelwert der Bestrahlungsstärke gebildet wird, wobei daran gedacht sein kann, verschiedene Meßbereiche über das UV-Spektrum vorzusehen.

Die vermessene Strahlungsleistung einer Sonnenbank dient dann als Grundlage zur Berechnung der maximalen Bestrahlungsdauer, wozu diese Daten geräteintern oder auch extern abgespeichert  
5 sein können, die dann über eines der Interfaces 15,17,18 aufgerufen werden können.

Es kann ferner einer Abstandsmessvorrichtung 34 noch vorgesehen sein, so dass immer der korrekte Abstand zu einer  
10 Strahlungsquelle eingehalten werden kann.

Ein Temperatursensor 35 erlaubt auch unterschiedliche Temperaturen, bspw. nach langer oder kurzer Leuchtzeit eines Strahlers, zu berücksichtigen. Insbesondere erlaubt der  
15 Temperatursensor 35 das Vermessen einer UV-Strahlungsquelle erst dann, wenn deren Brennwandtemperatur der Norm entspricht.

Die Stromversorgung der Vorrichtung nach der Erfindung  
20 erfolgt bevorzugt über wieder aufladbare Akkumulatoren, für deren Aufladung letztlich ein Steckeranschluß 36 für ein Netzteil noch vorgesehen ist.

EW 45517 PCT

Vorrichtung und Verfahren für die Bestimmung einer zulässigen  
Bestrahlung der menschlichen Haut mit UV-Strahlung

5

**Ansprüche:**

1. Vorrichtung für die Bestimmung der zulässigen  
Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der  
10 menschlichen Haut mit UV-Strahlung, aufweisend wenigstens  
einen UV-Strahler (7) für die Abgabe einer UV-Strahlung,  
wenigstens einen UV-Sensor (8) für die Aufnahme der in  
und/oder an der Haut (11) remittierten UV-Strahlung und  
eine Auswertevorrichtung für die Bestimmung der  
15 Strahlungsabsorption.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
der UV-Strahler (7) eine UV-Strahlung abgibt, bei der ein  
Absorptionskoeffizient  $\mu_s$  größer oder gleich ist einem  
20 Streukoeffizient  $\mu_a$ .
3. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler  
(7) eine UV-Strahlung einer Wellenlänge kleiner als der  
25 Durchmesser eines Zellkerns abstrahlt.
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der UV-Strahler  
(7) eine UV-Strahlung einer Wellenlänge von 345 nm bis  
30 355 nm ausstrahlt.
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein  
UV-Strahler (7) und/oder wenigstens ein UV-Sensor (8) in  
35 einem Gehäuse (9) eines Hand-Meßgerätes angeordnet ist

bzw. sind.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (9) eine Auflagefläche (10) für das Auflegen auf die Haut (11) eines Probanden aufweist und dass der UV-Strahler (7) und der UV-Sensor (8) unter einem Winkel ( $\alpha$ ) zueinander angeordnet sind derart, dass eine Reflektion eines Strahls auf den optischen Achsen (12,13) des UV-Strahlers (7) und des UV-Sensors (8) in einer Eindringtiefe (e) von bis zu 1 mm unterhalb der Auflagefläche (10) erfolgt.
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eindringtiefe (e) einstellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen (12,13) einen Winkel ( $\alpha$ ) zwischen  $70^\circ$  und  $110^\circ$  aufspannen.
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ( $\alpha$ ) für eine Variation der Eindringtiefe (e) einstellbar ist.
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe und/oder der Abstand des UV-Strahlers (7) und des UV-Sensors (8) über der Auflagefläche (10) für eine Variation der Eindringtiefe (e) einstellbar ist.
11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von einer



Rechnereinheit aus mehreren Messungen ein Mittelwert gebildet wird.

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
5       Rechnereinheit einer Messung und/oder einem Mittelwert aus mehreren Messungen eine Schwellendosis zuordnet.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem  
10       elektronischen Speicher der Anteil einer erythemwirksamen UV-Strahlungsstärke einer Strahlungsquelle abgespeichert ist und dass die Rechnereinheit die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet.  
15

14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Interface  
      (15,17,18) vorgesehen ist, über das Daten abgespeichert und aufgerufen werden können.  
20

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass über das  
      Interface wenigstens eine Strahlungsquelle angesteuert wird.  
25

16. Vorrichtung, insbesondere nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gehäuse (9) zwei Paare von UV-Aufnehmern (20,21;22,23)  
      aufweist, dass bei jedem Paar die UV-Aufnehmer  
30       (20,21;22,23) entgegengesetzt orientiert sind und dass die beiden Paare um 90° gegeneinander verdreht angeordnet sind.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden  
35       Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die UV-Aufnehmer

(20,21;22,23) von freien Enden von Lichtwellenleitern (24-27) ausgebildet werden.

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einem freien Ende eines Lichtwellenleiters eine Filtermimik zugeordnet ist, durch die ein kurzwelliger Anteil der remittierten Strahlung in größerem Umfang reflektiert wird als ein langwelliger Anteil.

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Lichtwellenleiter (24-27) auf einem gemeinsamen zweiten UV-Sensor (33) enden.

20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vier Lichtwellenleiter (24-27) auf einem gemeinsamen zweiten UV-Sensor (33) enden.

21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite UV-Sensor (33) eine lineare Kennlinie über das erythemwirksame Spektrum aufweist.

22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Sensor eine Kennlinie entsprechend des erythemwirksamen Spektrums aufweist.

23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand eines Paares der UV-Meßaufnehmer (20,21) der Höhe eines menschlichen Körpers auf einer Sonnenbank entspricht.

24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abstandsmeßvorrichtung (34) vorgesehen ist.
- 5 25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperatursensor (35) vorgesehen ist.
- 10 26. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Temperatursensor (35) bei Erreichen einer optimalen Brennwandtemperatur einer zu vermessenden UV-Strahlungsquelle einer Sonnenbank oder dergleichen eine UV-Messung ausgelöst wird.
- 15 27. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zugeordnete Datenbank zur Abspeicherung der von dem zweiten UV-Sensor (33) gemessenen Daten.
- 20 28. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Rechneinheit aus den individuellen Daten eines Probanden und einer UV-Strahlungsquelle die maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis berechnet wird.
- 25 29. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit Erreichen der maximalen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis eine Abschaltung der UV-Strahlungsquelle erfolgt.
- 30 30. Verfahren für die Bestimmung der zulässigen Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis der menschlichen Haut mit UV-Strahlung, insbesondere mit
- 35

einer Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine individuelle Vermessung der Absorption der erythemwirksamen UV-Strahlung in einer Lichtschwiele ausbildenden Schicht der Haut eines Probanden und die Zuordnung eines Schwellenwertes einer UV-Bestrahlung.

5

31. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung mittels einer direkten UV-Bestrahlung erfolgt.

10

32. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung mittels einer Fluoreszenzphotometrie erfolgt.

15

33. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass aus mehreren Einzelmessungen ein Mittelwert gebildet wird.

20

34. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass die Einzelmessungen an verschiedenen Orten erfolgen.

25

35. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelmessungen in verschiedenen Hauttiefen erfolgen.

30

36. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Schwellenwert und hinterlegten Daten einer UV-Strahlungsquelle eine maximale Bestrahlungsdauer und/oder Bestrahlungsdosis ermittelt wird.

35

37. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten aus

einer Vermessung der UV-Strahlungsquelle stammende  
Ist-Daten sind.

- 5      38. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden  
Ansprüche, gekennzeichnet durch seine Anwendung während  
einer Besonnung eines Probanden.

1/3

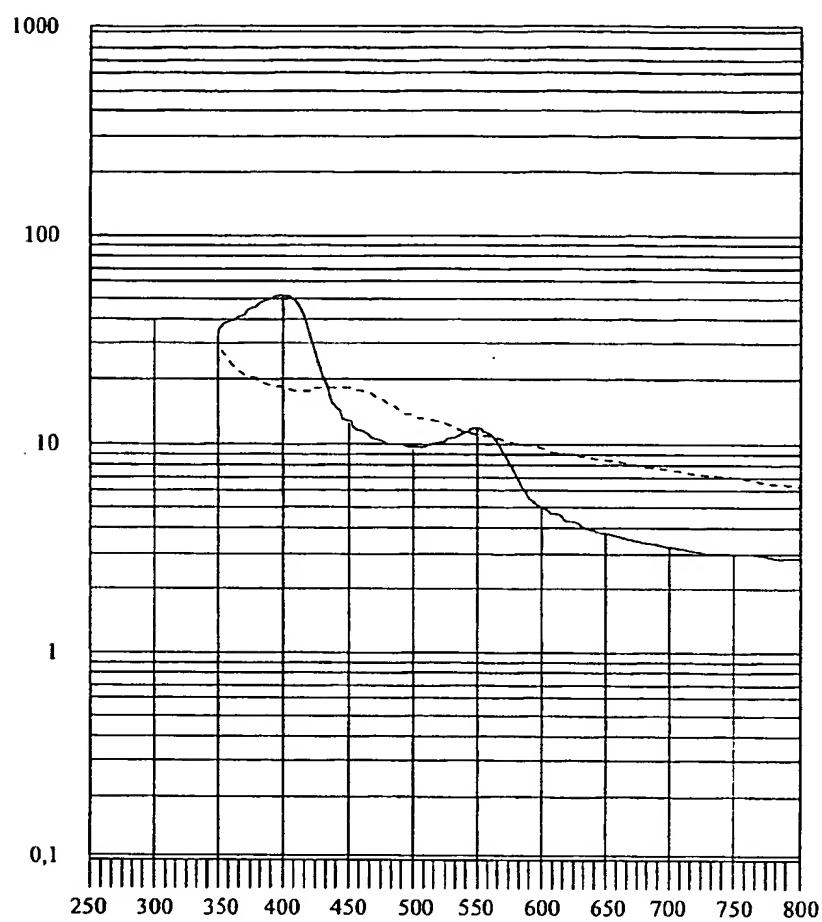


Fig. 1

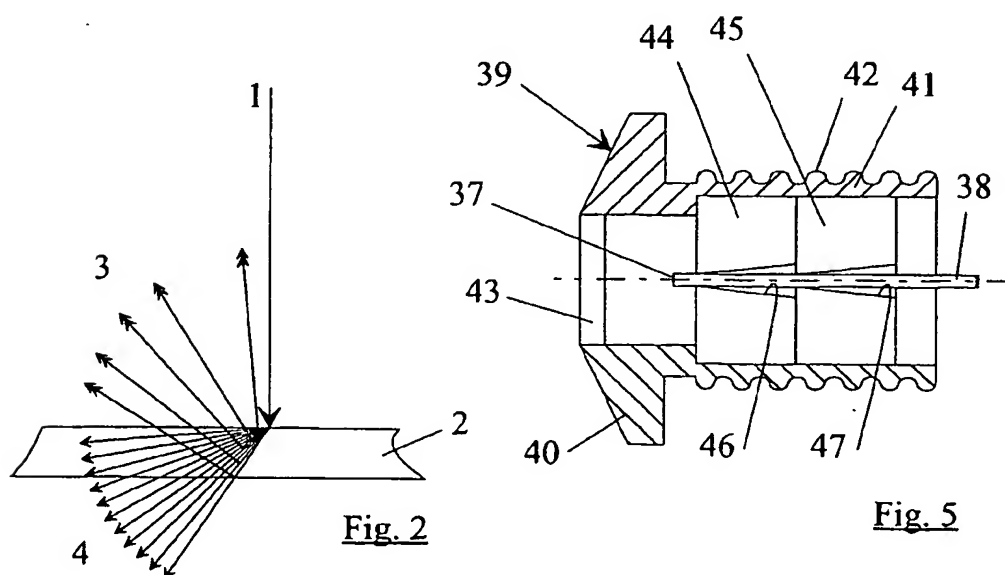
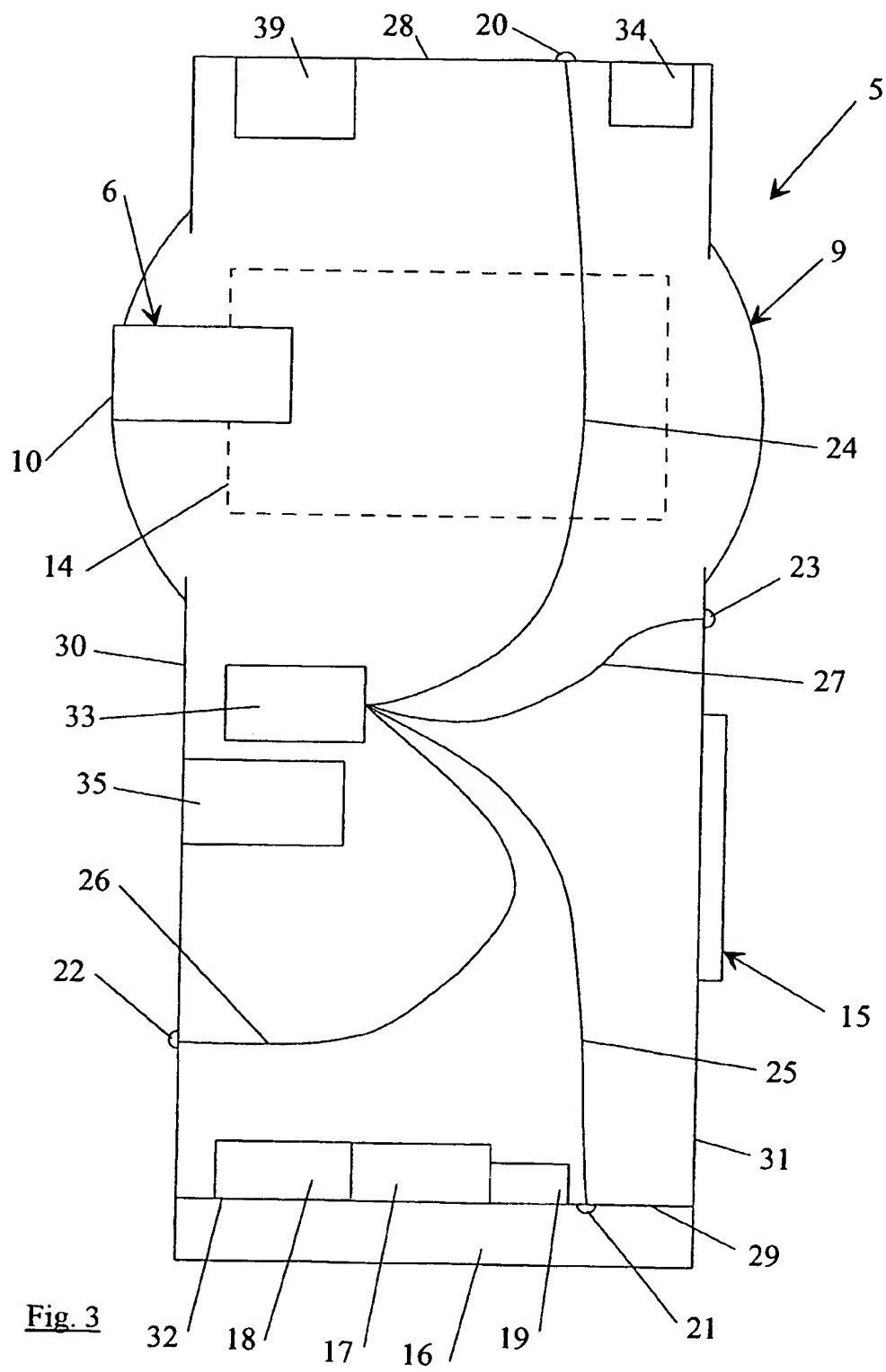


Fig. 2

Fig. 5

2/3

**Fig. 3**

